МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота

на правах рукопису

Терещук Олександр Олександрович

УДК 631.354.2 : 635.11

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Удосконалення комплексу машин для вирощування столових коренеплодів з розробкою очисника головок буряків

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Терещук О.О.

Керівник роботи

Савченко В.М.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Терещук Олександр Олександрович. Удосконалення комплексу машин для вирощування столових коренеплодів з розробкою очисника головок буряків. *– Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

Кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню комплексу машин для вирощування столових коренеплодів із розробкою очисника головок буряків. У роботі проаналізовано сучасний стан виробництва столових коренеплодів в Україні та світі, зокрема посівні площі, валовий збір і основні тенденції розвитку галузі. Розглянуто агротехнічні вимоги до вирощування столових буряків, особливості підготовки ґрунту, сівби, догляду за посівами, захисту рослин і збирання врожаю. Обґрунтовано технологію вирощування столових буряків із використанням сучасної енергонасиченої техніки, високопродуктивних агрегатів, роботизованих засобів і цифрових систем контролю. Складено технологічну карту вирощування культури та графік завантаження техніки, що дозволяє раціонально організувати виконання механізованих операцій у встановлені агротехнічні строки. Особливу увагу приділено застосуванню робота для післясходової боротьби з бур’янами, а також використанню БПЛА для моніторингу стану посівів і точного захисту рослин. У конструктивній частині запропоновано очисник головок буряків, який забезпечує якісне видалення залишків гички перед збиранням коренеплодів і зменшує втрати продукції. Запропоновані рішення спрямовані на підвищення продуктивності праці, зниження експлуатаційних витрат, покращення якості збирання та підвищення ефективності вирощування столових буряків.

Ключові слова: столові коренеплоди, столові буряки, технологічна карта, комплекс машин, БПЛА, очисник головок буряків.

ANNOTATION

Oleksandr Oleksandrovych Tereshchuk. Improvements to a range of machinery for growing table root vegetables, including the development of a beetroot head cleaner. *– Qualification work on the rights of the manuscript*.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

This thesis is devoted to the improvement of a range of machinery for growing table root vegetables, including the development of a beetroot head cleaner. The thesis analyses the current state of table root vegetable production in Ukraine and worldwide, in particular the areas under cultivation, gross yield and the main trends in the sector’s development. The agronomic requirements for growing table beetroot are examined, including the specifics of soil preparation, sowing, crop management, plant protection and harvesting. A cultivation technology for table beetroot is proposed, utilising modern high-power machinery, high-performance units, robotic equipment and digital control systems. A technological chart for growing the crop and a machinery utilisation schedule have been drawn up, enabling the rational organisation of mechanised operations within the established agrotechnical timeframes. Particular attention is paid to the use of a robot for post-emergence weed control, as well as the use of UAVs for monitoring crop condition and precision plant protection. The design section proposes a beetroot head cleaner, which ensures the thorough removal of leaf residue prior to root crop harvesting and reduces product losses. The proposed solutions are aimed at increasing labour productivity, reducing operating costs, improving harvest quality and enhancing the efficiency of table beet cultivation.

Keywords: table root crops, table beetroot, process flow chart, machinery complex, UAV, beetroot head cleaner.

ЗМІСТ

ВСТУП……..……..……..……5
1.1. Значення та класифікація столових коренеплодів……..…8
1.2. Аналіз базової технології вирощування…….……9
1.3. Аналіз посівних площ і валових зборів в Україні та світі…….……11
1.4. Перспективні напрями вдосконалення технології вирощування…….……..14
Висновки по розділу……..……16
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СТОЛОВИХ БУРЯКІВ…….……17
2.1. Вихідні умови проектування та агротехнічні вимоги……...……..17
2.2. Обґрунтування технологічної схеми вирощування……18
2.3. Підбір комплексу машин для технологічної карти……..19
2.4. Технологічна карта вирощування столових буряків на площі 100 га…..…..23
2.5. Використання БПЛА для моніторингу та захисту рослин…….23
2.6. Роботизована післясходова боротьба з бур’янами……..….24
2.7. Графік завантаження техніки…….27
2.8. Місце розробленого очисника головок буряків у технології……..……27
Висновки по розділу…….……28
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ…….……30
3.1. Аналіз технічних способів видалення гички та очищення головок столових буряків……30
3.2. Конструктивно-технологічне обґрунтування запропонованого очисника головок буряків……..32
3.3. Визначення основних параметрів і режимів роботи очисника…….….33
3.4. Розрахунок клинопасового приводу валів очисника……..37
Висновки до конструктивного розділу……39
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ…….…..41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..44

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Столові коренеплоди займають важливе місце у структурі овочевої продукції, оскільки є цінним джерелом поживних речовин, вітамінів, мінеральних сполук і широко використовуються у харчуванні населення, переробній промисловості та громадському харчуванні. Серед них особливе значення мають столові буряки, які характеризуються високою врожайністю, доброю лежкістю, універсальністю використання та стабільним попитом на внутрішньому ринку. Водночас ефективність їх вирощування значною мірою залежить від рівня механізації технологічних процесів, своєчасності виконання польових операцій, якості догляду за посівами та мінімізації втрат під час збирання.

У сучасних умовах аграрного виробництва особливої актуальності набуває питання удосконалення комплексу машин для вирощування столових коренеплодів. Це пов’язано з необхідністю підвищення продуктивності праці, зменшення витрат пального, скорочення ручної праці, покращення якості виконання технологічних операцій та забезпечення конкурентоспроможності овочевої продукції. Традиційні технології вирощування столових буряків часто передбачають значну кількість проходів агрегатів по полю, недостатню точність виконання окремих операцій і підвищені втрати продукції під час збирання. Тому впровадження сучасної техніки, роботизованих засобів догляду, безпілотних літальних апаратів для моніторингу посівів і спеціалізованих робочих органів є важливим напрямом розвитку овочівництва.

Однією з відповідальних операцій у технології збирання столових буряків є очищення головок коренеплодів від залишків гички. Недостатнє очищення ускладнює подальше збирання, транспортування, сортування та зберігання продукції. Водночас надмірна механічна дія на коренеплоди може призводити до їх травмування, зниження товарної якості та погіршення лежкості. У зв’язку з цим розробка очисника головок буряків, який забезпечує якісне видалення

залишків гички без значного пошкодження коренеплодів, є актуальним технічним завданням.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності підвищення ефективності механізованої технології вирощування і збирання столових буряків шляхом удосконалення комплексу машин та розробки спеціального очисника головок буряків. Запропоновані рішення спрямовані на покращення якості технологічного процесу, зниження експлуатаційних витрат, раціональне використання техніки та підвищення продуктивності виробництва.

Метою кваліфікаційної роботи є удосконалення комплексу машин для вирощування столових коренеплодів із розробкою очисника головок буряків, що забезпечує підвищення якості очищення коренеплодів, зменшення втрат продукції та покращення ефективності технологічного процесу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання:**

– проаналізувати сучасний стан виробництва столових коренеплодів в Україні та світі;

– розглянути існуючі технології вирощування столових буряків і визначити їх основні переваги та недоліки;

– обґрунтувати перспективні напрями вдосконалення технології вирощування столових коренеплодів;

– розробити технологічну карту вирощування столових буряків із використанням сучасної техніки;

– скласти графік завантаження машинно-тракторних агрегатів протягом технологічного циклу;

– передбачити застосування робота для післясходової боротьби з бур’янами та БПЛА для моніторингу посівів і захисту рослин;

– обґрунтувати конструктивну схему очисника головок буряків;

– виконати розрахунок основних параметрів і режимів роботи запропонованого очисника.

Об’єктом дослідження є технологічний процес вирощування та збирання столових буряків із використанням комплексу машин.

Предметом дослідження є параметри та режими роботи машинно-тракторних агрегатів і очисника головок буряків, які впливають на якість виконання технологічних операцій, продуктивність і втрати продукції.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Білецький В.Р., Ярмола О.М., **Терещук О.О.,** Креденцер В.Г. Тенденції в технології збирання цукрових буряків. Матеріали VI Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». URL: https://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/bileckyj_26-4.pdf (дата звернення: 03.06.2026).

2. Савченко В.М., **Терещук О.О.,** Герасимчук Д.В. Вплив системи удобрення на продуктивність і якість коренеплодів столових буряків. Збірник тез XII Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». 29 квітня 2026 року. Житомир. Видавничий центр ЖАТФК. 2026. С. 160-162.

Практичне значення роботи полягає в можливості використання запропонованої технологічної карти, підібраного комплексу сучасної техніки та конструктивного рішення очисника головок буряків у господарствах, що займаються вирощуванням столових коренеплодів. Реалізація запропонованих рішень дасть змогу підвищити рівень механізації виробництва, зменшити потребу в ручній праці, покращити якість очищення коренеплодів, знизити втрати під час збирання та забезпечити більш ефективне використання машинно-тракторного парку.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновку та списку використаних джерел з 24 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 45 сторінок комп’ютерного тексту, містить15 рисунки, 14таблиць та 3 додатки.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СТОЛОВИХ КОРЕНЕПЛОДІВ

Столові коренеплоди є важливою складовою овочевого виробництва, оскільки поєднують високу харчову цінність, здатність до тривалого зберігання та стабільний попит протягом року. До цієї групи відносять моркву столову, буряк столовий, ріпу, редьку, редиску, пастернак, кореневу петрушку, селеру та інші культури. У межах даної кваліфікаційної роботи основну увагу приділено буряку столовому, адже конструктивна розробка спрямована на удосконалення процесу очищення головок буряків перед збиранням. Водночас аналіз технологій доцільно виконувати в ширшому контексті вирощування столових коренеплодів, оскільки ці культури мають близькі вимоги до підготовки ґрунту, формування густоти, догляду за посівами та механізованого збирання.

Сучасне овочівництво переходить від екстенсивного збільшення площ до інтенсивного використання ресурсів. Для столових коренеплодів це означає підвищення точності висіву, оптимізацію водного режиму, локальне внесення добрив, застосування елементів точного землеробства, зменшення механічних пошкоджень під час збирання і післязбиральної доробки. Саме якість виконання передзбиральних операцій, зокрема видалення гички та очищення головок коренеплодів, значною мірою визначає втрати, травмування і придатність продукції до зберігання.

1.1. Значення та класифікація столових коренеплодів

Столові коренеплоди займають проміжне місце між продукцією свіжого споживання та сировиною для переробки. Їх використовують у свіжому, вареному, квашеному, консервованому, сушеному та замороженому вигляді. Буряк столовий має високий вміст вуглеводів, мінеральних речовин, органічних кислот і біологічно активних сполук. Морква є джерелом каротиноїдів і має стабільний попит у харчовій промисловості, громадському харчуванні та роздрібній торгівлі. Для господарств ці культури привабливі тим, що за

належної технології формують високу врожайність з одиниці площі, а за наявності сховищ дозволяють реалізовувати продукцію у періоди підвищеної ціни.

За агротехнічними ознаками столові коренеплоди характеризуються тривалим періодом формування товарної частини, підвищеними вимогами до структури ґрунту та значною чутливістю до порушення густоти рослин. Для буряка столового особливо важливими є рівномірність сходів, стабільне вологозабезпечення і якісне передзбиральне видалення листкової маси. Нерівномірне зрізання або грубе оббивання гички спричиняє пошкодження головок, збільшення кількості нестандартної продукції та погіршення лежкості коренеплодів.

Таблиця 1.1 – Основні технологічні особливості столових коренеплодів

Культура	Основні вимоги до ґрунту	Критичні технологічні операції	Особливості збирання
Буряк столовий	Легкі та середні суглинки, глибокий орний шар, нейтральна або слабколужна реакція	Точний висів, проріджування або використання однорісткового насіння, контроль бур’янів, підтримання вологості	Потрібне якісне видалення гички та очищення головок без травмування
Морква столова	Пухкий ґрунт без ущільнення та каміння, вирівняна поверхня поля	Дрібне насіннєве ложе, рівномірне зволоження, гербіцидний і механічний догляд	Важлива мінімізація обламування кінчиків і забруднення ґрунтом
Пастернак, петрушка коренева, селера	Родючі ґрунти з доброю вологоємністю, відсутність плужної підошви	Тривалий догляд, міжрядний обробіток, контроль ґрунтової кірки	Необхідна обережна сепарація і сортування через підвищену ламкість
Редька, ріпа, редиска	Легкі структурні ґрунти, достатнє забезпечення вологою	Швидке формування товарної продукції, стислі строки догляду	Збирання проводиться у стислі строки для уникнення переростання

1.2. Аналіз базової технології вирощування

Технологія вирощування столових коренеплодів передбачає послідовне виконання комплексу операцій: вибір попередника, основний обробіток ґрунту, передпосівну підготовку, висів, догляд за посівами, захист рослин, видалення

гички, викопування, сепарацію, транспортування та закладання на зберігання. Найкращими попередниками для буряка столового і моркви вважають зернові, зернобобові, ранню картоплю, огірки та інші культури, після яких поле залишається чистим від бур'янів. Небажано розміщувати коренеплоди після культур тієї самої ботанічної або господарської групи, адже це підвищує ризик накопичення хвороб і шкідників.

Основний обробіток ґрунту має забезпечити пухкий орний шар і вирівняне поле. Для коренеплодів ущільнення ґрунту є одним із головних чинників деформації товарної частини, зниження врожайності й ускладнення механізованого збирання. Передпосівний обробіток проводять на невелику глибину, формуючи дрібногрудкувате насіннєве ложе. Точність глибини загортання насіння особливо важлива для моркви та буряка, оскільки дрібне насіння повільно проростає і потребує доброго контакту з вологим ґрунтом.

Догляд за посівами включає коткування за потреби, руйнування ґрунтової кірки, міжрядний обробіток, захист від бур'янів, хвороб і шкідників, а також регулювання водного режиму. За інтенсивної технології поширюється краплинне зрошення, яке дозволяє підтримувати рівномірну вологість у зоні коренів і поєднувати полив із фертигацією. Для буряка столового дефіцит вологи у період наростання коренеплоду призводить до формування грубої тканини, зниження маси і погіршення якості продукції.

Завершальним етапом є збирання. У технологіях вирощування буряка столового важливе місце займає операція видалення гички. Якщо гичка видаляється неякісно, у ворох потрапляє значна кількість рослинних решток, погіршується сепарація, зростають втрати і витрати на доробку. Якщо ж робочі органи діють надто жорстко, збільшується кількість травмованих головок, що знижує лежкість у сховищах. Тому удосконалення очисника головок буряків є логічним напрямом підвищення якості механізованого збирання.



Рис. 1.1. Узагальнена технологічна схема вирощування та збирання столових коренеплодів.

1.3. Аналіз посівних площ і валових зборів в Україні та світі

Міжнародна статистика щодо столових коренеплодів має певні обмеження: у базах FAOSTAT окремо виділяється позиція «Carrots and turnips» (морква та ріпа), тоді як буряк столовий у багатьох міжнародних наборах даних не подається окремою позицією. Тому для світового огляду доцільно використовувати укрупнені показники моркви та ріпи як найбільш близький міжнародний індикатор ринку столових коренеплодів, а для України - деталізовані дані за морквою столовою і буряком столовим.

За даними FAOSTAT та публікацій, що використовують цю базу, світове виробництво моркви та буряків в останні роки перебуває на рівні близько 41-42 млн т. У 2023 р. глобальне виробництво оцінювалось приблизно у 41,39 млн т, а у 2024 р. - близько 42 млн т. Такий рівень свідчить про відносну стабільність світового попиту, але конкуренція зміщується у площину якості, зберігання, логістики, переробки та зменшення втрат після збирання.

Таблиця 1.2 – Орієнтовні світові показники виробництва моркви та буряків

Рік	Валовий збір, млн т	Характеристика динаміки	Примітка
2022	понад 42,0	Високий рівень виробництва	Оцінка за FAOSTAT у наукових оглядах
2023	41,39	Незначне зниження від пікового рівня	Позиція FAOSTAT: carrots and turnips
2024	близько 42,0	Стабілізація відносно 2023 р.	Округлена оцінка ринку на базі FAOSTAT

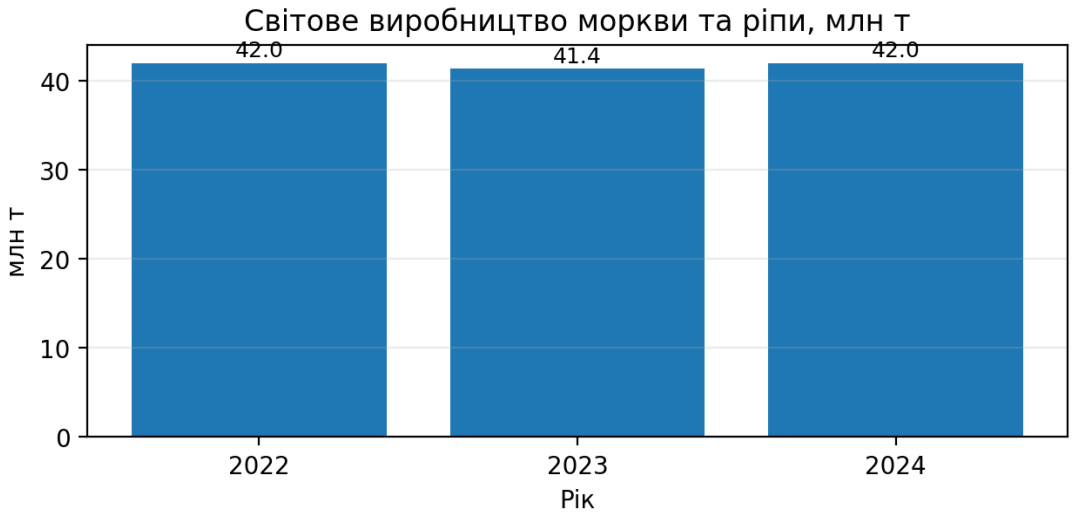


Рис. 1.2 – Світове виробництво моркви та буряків у 2022-2024 рр.

В Україні виробництво столових коренеплодів має важливе продовольче значення. Морква столова і буряк столовий формують основну частину товарної групи коренеплідних овочів відкритого ґрунту. За даними Держстату, наведеними в інфографічному довіднику «Агробізнес України 2023/24», у 2023 р. виробництво моркви столової становило близько 844 тис. т, а буряка столового - близько 777 тис. т. Порівняно з 2022 р. обидві культури частково відновили обсяги виробництва, однак не досягли рівня 2021 р. для буряка столового.

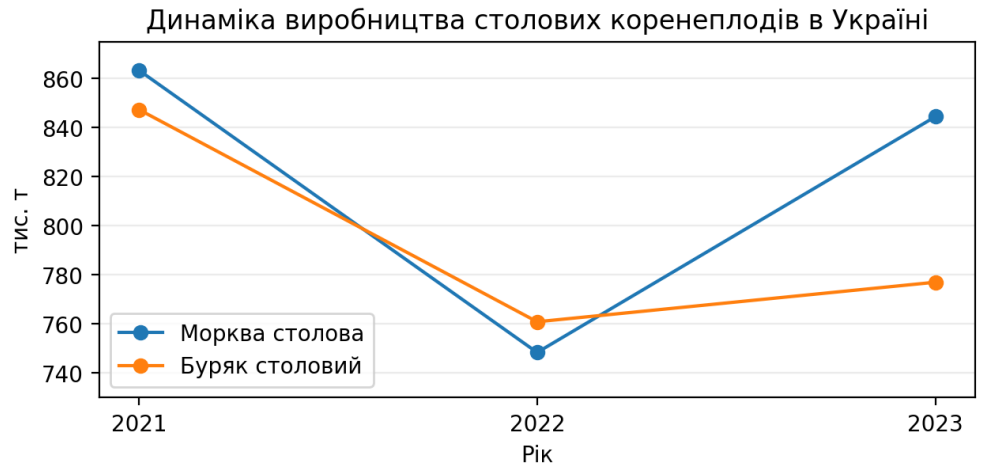


Рис. 1.3. Динаміка виробництва моркви столової та буряка столового в Україні.

Таблиця 1.3 – Виробництво основних столових коренеплодів в Україні у 2021-2023 рр.

Культура	2021 р., тис. т	2022 р., тис. т	2023 р., тис. т	Зміна 2023/2022, %
Морква столова	863.3	748.4	844.4	+12.8
Буряк столовий	847.3	760.9	777.0	+2.1

Аналіз показує, що у 2022 р. виробництво основних столових коренеплодів зменшилося під впливом воєнних ризиків, втрати частини зрошуваних площ, подорожчання пального, насіння, добрив і засобів захисту рослин. У 2023 р. спостерігалося відновлення виробництва: моркви - на 12,8 % до попереднього року, буряка столового - приблизно на 2,1 %. При цьому структура виробництва залишається відносно збалансованою: морква забезпечує трохи більше половини сумарного обсягу двох основних коренеплодів, а буряк столовий - майже половину.

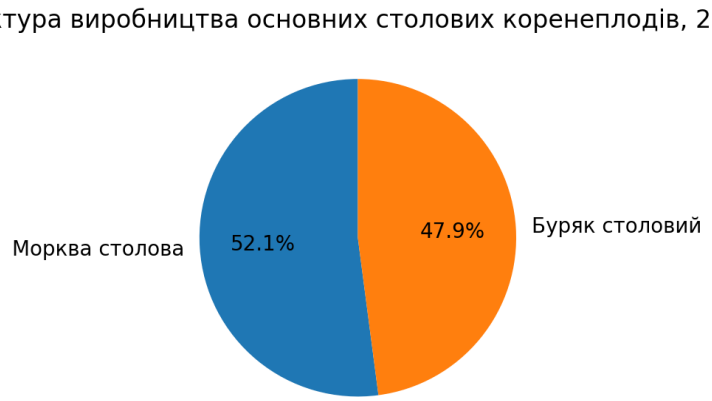


Рис. 1.4. Структура виробництва моркви столової та буряка столового в Україні у 2023 р.

За даними галузевих і наукових джерел, буряк столовий у 2023 р. займав в Україні близько 35,4 тис. га, або близько 8,9 % у структурі посівних площ овочевих культур, з валовим збором 777 тис. т. Для моркви столової у 2023 р. площа становила приблизно 40,7 тис. га, а виробництво - 844,4 тис. т. Отже, за близьких площ ці культури формують значні обсяги продукції, а підвищення якості механізованого збирання може мати помітний економічний ефект.

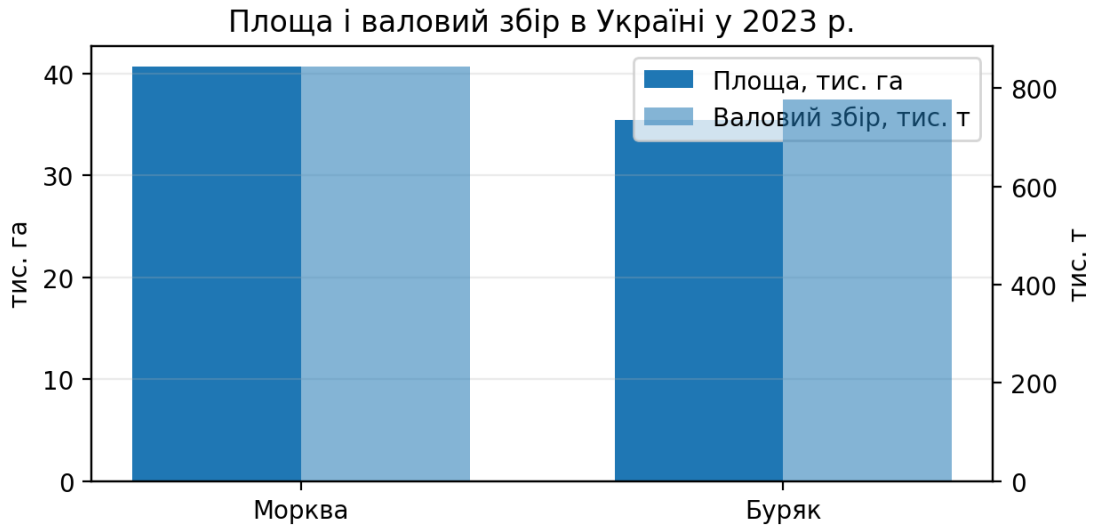


Рис. 1.5. Порівняння площ і валового збору моркви та буряка столового в Україні у 2023 р.

1.4. Перспективні напрями вдосконалення технології вирощування

Підвищення ефективності вирощування столових коренеплодів має відбуватися не за рахунок простого збільшення площ, а через технологічну модернізацію. Найбільш перспективними напрямами є точне землеробство, удосконалення системи догляду за посівами, впровадження сучасних машин для збирання, розвиток зрошення і післязбиральної доробки. Для буряка столового особливе значення має якісне виконання операцій перед викопуванням, оскільки саме вони визначають чистоту вороху, втрати гички, рівень механічних пошкоджень і тривалість зберігання.

Першим напрямом є підвищення точності сівби. Використання пневматичних сівалок точного висіву, каліброваного або одноросткового насіння, GPS-навігації та систем контролю висіву дозволяє сформувати рівномірну густоту рослин. Це зменшує потребу в ручному проріджуванні, полегшує міжрядний обробіток і створює передумови для стабільної роботи збиральних машин. Для буряка столового рівномірність розміщення рослин особливо важлива, адже нерівномірна висота головок ускладнює роботу очисника і підвищує ризик травмування коренеплодів.

Другим напрямом є удосконалення догляду за посівами. Поєднання механічного міжрядного обробітку, локального внесення добрив, диференційованого застосування гербіцидів і моніторингу посівів безпілотними літальними апаратами дозволяє зменшити витрати ресурсів та своєчасно реагувати на проблеми. Перспективним є використання роботизованих культиваторів і камерних систем розпізнавання бур'янів, які забезпечують точний обробіток у рядку без пошкодження культурних рослин.

Третім напрямом є розвиток зрошення. Краплинне зрошення і фертигація забезпечують рівномірне водопостачання та підвищують коефіцієнт використання поживних речовин. Для регіонів із нестійким зволоженням це критично, оскільки періодичний дефіцит вологи знижує якість коренеплодів, збільшує частку нестандартної продукції та ускладнює збирання. Водночас зрошення має поєднуватися з контролем засолення ґрунту, оптимальним режимом поливу і дренажем.

Четвертим напрямом є механізація збирання та післязбиральної доробки. Для буряка столового актуальним залишається питання видалення гички та очищення головок. Традиційні робочі органи часто забезпечують або недостатню чистоту головок, або надмірне травмування. Тому перспективним є очисник із еластичними робочими органами, який може працювати по нерівномірних за висотою коренеплодах, зменшувати інтенсивність ударної дії і водночас відділяти залишки гички. Такий підхід дозволяє підвищити якість підготовки до викопування, зменшити домішки у вороху та скоротити витрати на подальшу доробку.

Таблиця 1.4 – Перспективні рішення для вдосконалення технології вирощування столових коренеплодів

Напрям удосконалення	Технічне рішення	Очікуваний ефект	Значення для буряка столового
Точний висів	Пневматичні сівалки, контроль норми висіву, GPS-навігація	Рівномірна густота і менше ручної праці	Однакова висота та розмір коренеплодів полегшують очищення головок

Продовження таблиці 1.4.

Моніторинг посівів	БПЛА, супутникові індекси, карти неоднорідності поля	Раннє виявлення стресу, бур'янів і нестачі вологи	Можливість планувати строки видалення гички та збирання
Механічний догляд	Культиватори з камерами, роботизовані прополювачі	Зменшення гербіцидного навантаження і пошкоджень рослин	Чисті рядки забезпечують стабільну роботу очисника
Зрошення і фертигація	Краплинні системи, датчики вологості, локальне живлення	Підвищення врожайності та вирівняності продукції	Зменшення частки дрібних або деформованих коренеплодів
Передзбиральна підготовка	Очисник головок з еластичними робочими органами	Менше гички у вороху, нижче травмування, краща лежкість	Безпосередньо відповідає темі конструктивної розробки

Висновки по розділу

Проведений аналіз показує, що столові коренеплоди мають важливе продовольче значення та залишаються стабільною групою овочевих культур. Світове виробництво моркви та ріпи утримується на рівні понад 41 млн т, а в Україні основними культурами цієї групи є морква столова і буряк столовий. У 2023 р. в Україні було вироблено близько 844 тис. т моркви столової та близько 777 тис. т буряка столового, що свідчить про значний потенціал для підвищення технологічної ефективності.

Основні проблеми технології вирощування пов'язані з нерівномірністю сходів, недостатнім зволоженням, забур'яненістю, високою трудомісткістю догляду та втратами під час збирання. Для буряка столового критичною операцією є видалення гички та очищення головок перед викопуванням. Удосконалення очисника головок буряків є доцільним, оскільки воно спрямоване на зменшення травмування коренеплодів, підвищення чистоти вороху, скорочення втрат і покращення умов тривалого зберігання продукції.

РОЗДІЛ 2
ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СТОЛОВИХ БУРЯКІВ

Проектування технології вирощування столових буряків передбачає узгодження агробіологічних вимог культури, ґрунтово-кліматичних умов господарства, наявного машинно-тракторного парку та сучасних засобів цифрового контролю. У цьому розділі прийнято проектну площу посіву 100 га, що дає змогу розрахувати технологічну карту, визначити потребу в машино-годинах, сформувати календарний графік завантаження техніки і включити до технології роботизовані та безпілотні засоби. Особливу увагу приділено операціям, що найбільше впливають на якість кінцевої продукції: точному висіву, післясходовому знищенню бур'янів, моніторингу стану посівів, передзбиральному очищенню головок та бережному збиранню коренеплодів.

2.1. Вихідні умови проектування та агротехнічні вимоги

Столовий буряк є культурою інтенсивного типу, тому продуктивність посіву формується не лише за рахунок родючості ґрунту, а й завдяки точності виконання технологічних операцій. Для отримання вирівняних коренеплодів необхідно забезпечити якісне насіннєве ложе, рівномірну глибину загортання насіння, своєчасне руйнування ґрунтової кірки, контроль бур'янів у ранні фази розвитку та мінімальне пошкодження коренеплодів під час передзбиральної підготовки.

Проектна технологія розрахована для господарства, яке має рівнинні або слабкохвилясті поля з можливістю використання супутникової навігації RTK. Основний акцент зроблено на поєднанні класичних ґрунтообробних операцій із цифровими засобами управління: точним висівом із секційним контролем, моніторингом стану рослин БПЛА, роботизованим прополюванням і адресним захистом рослин.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для проектування технології

Показник	Значення	Примітка
Проектна площа столових буряків	100 га	прийнято для розрахунку технологічної карти
Попередник	озима пшениця / рання картопля / однорічні трави	поля без засмічення коренепаростковими бур’янами
Основний обробіток ґрунту	оранка 28–30 см	після попереднього дискування та внесення добрив
Ширина міжрядь	45 см	узгоджується з сівалкою, роботом і міжрядним обладнанням
Глибина сівби	2,5–3,0 см	залежить від вологості та гранулометричного складу ґрунту
Очікувана врожайність	45 т/га	за інтенсивної технології та достатнього зволоження
Розрахунковий валовий збір	4500 т	використано для підбору збиральної та транспортної техніки



Рис. 2.1. Логічна схема проектованої технології вирощування столових буряків

2.2. Обґрунтування технологічної схеми вирощування

Технологічний процес доцільно будувати за принципом “точний висів – ранній контроль бур’янів – безперервний моніторинг – бережне збирання”.

Такий підхід дає можливість зменшити частку ручної праці, скоротити кількість зайвих проходів агрегатів по полю та забезпечити рівномірність розміру коренеплодів. У проекті прийнято інтенсивну технологію з використанням високопродуктивних тракторних агрегатів, роботизованого прополювача, БПЛА для моніторингу і БПЛА для захисту рослин.

Восени після збирання попередника виконується дискування, внесення основних добрив, зяблева оранка та вирівнювання поверхні поля. Весною технологія спрямована на збереження вологи та створення якісного насіннєвого ложа. Для сівби передбачено пневматичну точну сівалку Kverneland Optima V SX, яка, за даними виробника, призначена для висіву зокрема непелетованого та пелетованого буряку і може працювати з високошвидкісними висівними секціями до 18 км/год [1].

Ранні фази росту буряків є критичними щодо конкуренції з бур’янами. Тому після появи сходів у технологію введено робота FarmDroid FD20. Офіційні дані виробника вказують, що FD20 працює із шириною до 3,5 м, може мати до 12 активних рядків, використовує RTK-навігацію з точністю 8 мм і виконує як міжрядне, так і внутрішньорядне прополювання [2]. Для проектної площі 100 га доцільно застосувати не один, а групу з чотирьох роботів, що забезпечує виконання двох проходів у межах агротехнічного строку.

2.3. Підбір комплексу машин для технологічної карти

Комплекс машин підбирається за умови виконання операцій у стислі агротехнічні строки та з урахуванням високої вартості робочого часу в овочівництві. Найбільше навантаження припадає на основний обробіток ґрунту, полив, збирання та транспортну логістику. Для ґрунтообробних операцій доцільно використовувати енергонасичені трактори з автоматичним водінням, оскільки стабільність робочої глибини і відсутність перекриттів безпосередньо впливають на рівномірність сходів.

Сівба має виконуватися сівалкою з електричним приводом висівних секцій, можливістю відключення рядків на клинах поля та контролем норми

висіву. Для післясходового догляду основним засобом прийнято FarmDroid FD20, який працює на сонячній енергії, зменшує потребу в ручному прополюванні та дозволяє перейти від суцільного хімічного контролю до механічного і локального.



а) Висівна секція Kverneland Optima SX



б) Робот FarmDroid FD20 для післясходового прополювання



в) Збиральна машина Dewulf GK II SE для коренеплодів

У системі моніторингу передбачено DJI Mavic 3M, який поєднує RGB-камеру та мультиспектральні канали G/R/RE/NIR, а для захисту рослин – DJI AGRAS T50 з високою продуктивністю польових обробок [3; 4].

Рис. 2.2. Сучасна техніка для точного висіву, роботизованого прополювання і збирання коренеплодів.

Для збирання столових буряків прийнято топліфтингову машину Dewulf GK II SE або аналог ASA-LIFT T-260. За описом постачальника, Dewulf GK II SE є дворядною причіпною машиною для коренеплодів, у тому числі червоного буряка, з піднімальними ременями, вузлом відділення гички та елеватором [5]. Це відповідає вимогам бережного збирання столової продукції.

Таблиця 2.2 – Обґрунтування складу сучасного комплексу машин.

Група техніки	Марка/модель	Призначення	Обґрунтування вибору
Енергонасичений трактор	John Deere 8R 410 або аналог 380–420 к.с.	дискування, оранка, важкий обробіток	потужність, автопілот, стабільність тяги
Універсальний трактор	John Deere 6R 185 / Fendt 724 Vario	культивація, сівба, коткування, внесення добрив	ISOBUS, точне водіння, економічність

Продовження таблиці 2.2.

Дискова борона	HORSCH Joker 8 RT / Väderstad Carrier 650	лущення стерні та вирівнювання	висока продуктивність і якісне подрібнення решток
Плуг	Lemken Diamant 16	зяблева оранка	глибокий обробіток і стабільна глибина
Сівалка точного висіву	Kverneland Optima V SX	точний висів столових буряків	висів буряку, електропривід секцій, швидкість до 18 км/год [1]
Робот-прополювач	FarmDroid FD20, 4 одиниці	післясходове міжрядне та внутрішньорядне прополювання	до 6 га/добу на робота, RTK 8 мм, робота від сонячної енергії [2]
БПЛА для моніторингу	DJI Mavic 3M	RGB та мультиспектральна зйомка	G/R/RE/NIR, RTK, до 200 га за політ [3]
БПЛА для захисту рослин	DJI AGRAS T50	локальне внесення ЗЗР і добрив	40 кг на обприскування, до 21 га/год за умов тесту [4]
Очисник головок	Розроблена машина до кваліфікаційної роботи	видалення гички та очищення головок перед збиранням	зменшення домішок і травмування при збиранні
Збиральна машина	Dewulf GK II SE / ASA-LIFT T-260	підкопування, піднімання, очищення, завантаження	придатність для red beet та інших коренеплодів [5]

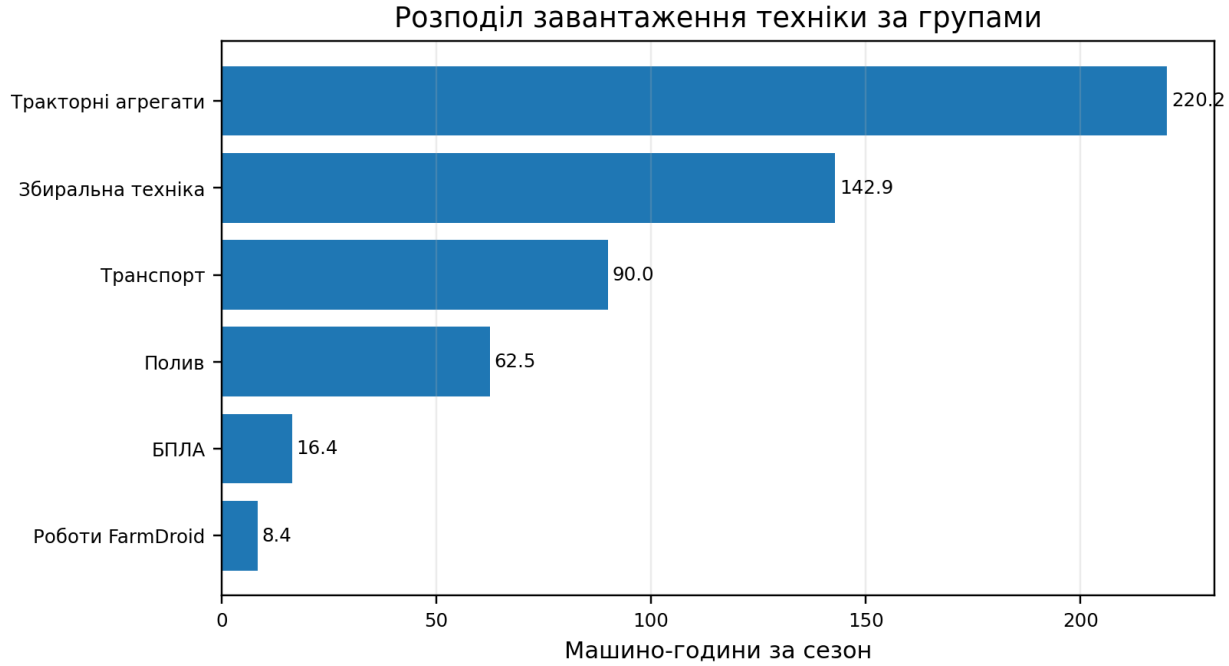


Рис. 2.3. Розподіл сезонного завантаження техніки за групами

Таблиця 2.3 – Технологічна карта вирощування столових буряків

№	Операція	Строк	Обсяг	Агрегат	Продуктивність	Тривалість, год	Паливо/енергія	Примітка
1	Післязбиральне дискування поля	15–25.08	100 га	John Deere 8R 410 + HORSCH Joker 8 RT	8.0 га/год	12.5	600 л	руйнування стерні, провокація сходів бур’янів
2	Внесення основних мінеральних добрив	01–10.09	100 га	John Deere 6R 185 + Amazone ZA-TS 4200	18.0 га/год	5.6	120 л	NPK за результатами агрохімічного аналізу
3	Зяблева оранка на 28–30 см	10–25.09	100 га	John Deere 8R 410 + Lemken Diamant 16	3.2 га/год	31.2	1800 л	створення глибокого орного шару
4	Осіннє вирівнювання та закриття гребенів	25.09–05.10	100 га	Fendt 724 Vario + Väderstad Carrier 650	8.0 га/год	12.5	500 л	вирівнювання поля перед зимою
5	Ранньовесняне боронування для закриття вологи	20.03–05.04	100 га	John Deere 6R 185 + Einböck Aerostar 1200	12.0 га/год	8.3	200 л	збереження вологи у верхньому шарі ґрунту
6	Передпосівна культивація з вирівнюванням ложа	05–15.04	100 га	Fendt 724 Vario + Lemken Korund/Kompaktor 6	6.5 га/год	15.4	500 л	глибина 3–4 см, дрібногрудочкувата структура
7	Точний висів столових буряків	10–20.04	100 га	John Deere 6R 185 + Kverneland Optima V SX	5.0 га/год	20.0	400 л	міжряддя 45 см, GPS/ISOBUS контроль секцій
8	Післяпосівне коткування	10–21.04	100 га	John Deere 6R 185 + Güttler Mayor 770	8.0 га/год	12.5	250 л	ущільнення насіннєвого ложа і дружні сходи
9	Перший моніторинг посівів БПЛА	01–10.05	100 га	DJI Mavic 3M + RTK база	50.0 га/год	2.0	електроенергія	NDVI/NDRE, контроль рівномірності сходів
10	Післясходова роботизована боротьба з бур’янами, 1-й прохід	10–25.05	100 га	4 × FarmDroid FD20 (+Weed)	24.0 га/год	4.2	електроенергія	механічне міжрядне і внутрішньорядне прополювання
11	Післясходова роботизована боротьба з бур’янами, 2-й прохід	25.05–10.06	100 га	4 × FarmDroid FD20 (+Weed)	24.0 га/год	4.2	електроенергія	повторне знищення пізніх хвиль бур’янів
12	Позакореневе підживлення та точковий захист рослин БПЛА	05–15.06	100 га	DJI AGRAS T50 + SmartFarm Web	16.0 га/год	6.2	електроенергія	обробка лише за регламентом і картами-завданнями
13	Другий моніторинг стану рослин	15–25.06	100 га	DJI Mavic 3M + фотограмметрія	50.0 га/год	2.0	електроенергія	виявлення стресу, пропусків, локальних проблем
14	Міжрядне розпушування за потреби	20.06–05.07	100 га	John Deere 5M 125 + Steketee EC-Weeder 6	4.5 га/год	22.2	350 л	страховий механічний обробіток без пошкодження рослин
15	Повторний захист рослин БПЛА	01–15.07	100 га	DJI AGRAS T50 + змінні форсунки	16.0 га/год	6.2	електроенергія	локальне внесення, мінімізація колії на полі
16	Полив/фертигація за потреби	20.06–20.08	100 га	Bauer Rainstar E55 + насосна станція	1.6 га/год	62.5	800 л	підтримання вологості в активному шарі ґрунту
17	Передзбиральне очищення головок і видалення гички	01–10.09	100 га	T-16M/John Deere 5M + розроблений очисник головок	1.5 га/год	66.7	600 л	підготовка коренеплодів до підкопування і сепарації
18	Підкопування та збирання столових буряків	10.09–10.10	100 га	Dewulf GK II SE / ASA-LIFT T-260 + трактор 180–220 к.с.	0.7 га/год	142.9	1500 л	бережне піднімання, очищення і завантаження
19	Транспортування коренеплодів до сховища	10.09–15.10	4500 т	MAN TGS + напівпричіп-самоскид / тракторні причепи	50 т/год	90.0	1575 л	розрахунковий валовий збір 4500 т
20	Післязбиральне планування, підбір залишків, підготовка поля	15–25.10	100 га	John Deere 6R 185 + Carrier 650	7.5 га/год	13.3	450 л	вирівнювання поля та підготовка до наступної культури

2.4. Технологічна карта вирощування столових буряків на площі 100 га

Технологічна карта складена для повного циклу вирощування столових буряків від післязбирального обробітку попередника до транспортування врожаю в сховище. Під час розрахунків прийнято 8-годинну робочу зміну для тракторних агрегатів, середню польову продуктивність машин з урахуванням розворотів і організаційних простоїв, а також продуктивність БПЛА та роботів за умов нормальної погоди.

Для роботизованого прополювання прийнято 4 роботи FarmDroid FD20. Один робот здатний виконувати до 6 га за добу, тому група з чотирьох машин забезпечує до 24 га/добу. Це дозволяє провести один повний прохід по 100 га за 4–5 діб, а два проходи – у межах травнево-червневого періоду, коли бур’яни найбільше впливають на культуру.

За технологічною картою сумарне завантаження машин і обладнання становить близько 540 машино-годин, із яких значна частка припадає на полив, збирання, роботизоване прополювання та основний обробіток ґрунту. Застосування роботів і БПЛА не усуває необхідності у традиційних агрегатах, але змінює структуру робіт: частина операцій переноситься з енергоємних проходів тракторів на легкі автономні засоби.

2.5. Використання БПЛА для моніторингу та захисту рослин

У проектованій технології БПЛА виконують дві різні функції. Перший напрям – інформаційний моніторинг посівів за допомогою DJI Mavic 3M. Завдяки поєднанню RGB-камери та мультиспектральних каналів G/R/RE/NIR цей апарат дає змогу отримувати карти стану посівів, оцінювати рівномірність сходів, виявляти ділянки з нестачею вологи, локальним пригніченням або ознаками пошкодження шкідниками [3].

Другий напрям – захист рослин та локальне внесення препаратів за допомогою DJI AGRAS T50. Офіційні матеріали DJI вказують на вантажопідйомність 40 кг для обприскування та можливість виконання до 21

га/год у тестових умовах за норми 15 л/га, ширини захвату 11 м і швидкості 7 м/с [4]. У технологічній карті для практичних польових умов прийнято більш обережну продуктивність 16 га/год.

Усі операції із захисту рослин повинні виконуватися лише згідно з чинними регламентами, етикетками препаратів, метеорологічними обмеженнями та правилами безпечної роботи. У кваліфікаційній роботі БПЛА розглядаються як елемент точного землеробства, який дозволяє зменшити кількість колій на полі та виконувати обробки за картами-завданнями.

Таблиця 2.4 – Застосування БПЛА у проектованій технології

Етап	БПЛА	Завдання	Результат для технології
Після появи сходів	DJI Mavic 3M	оцінка рівномірності сходів, NDVI/NDRE, виявлення пропусків	коригування прополювання, уточнення ділянок ризику
Фаза 4–6 листків	DJI Mavic 3M	оцінка біомаси та стресу рослин	підготовка карти-завдання для локального внесення
Період інтенсивного росту	DJI AGRAS T50	локальний захист рослин / позакореневе підживлення	зменшення перекриттів і ущільнення ґрунту
Перед змиканням рядків	DJI Mavic 3M	контроль ефективності догляду	прийняття рішення щодо додаткового міжрядного обробітку

2.6. Роботизована післясходова боротьба з бур’янами

Післясходова боротьба з бур’янами є однією з найбільш трудомістких операцій у технології вирощування столових буряків. Звичайне міжрядне розпушування добре знищує бур’яни між рядками, але не вирішує проблему рослин-конкурентів у зоні рядка. Саме тому в роботі передбачено застосування автономного робота FarmDroid FD20, який працює за координатами висіяного насіння і може починати прополювання ще до повного візуального розпізнавання культури.

Робот у проекті виконує два проходи: перший – у період масової появи бур’янів, другий – після наступної хвилі їх проростання. Рух легкого автономного агрегату зменшує навантаження на ґрунт порівняно з багаторазовими проходами тракторів, а використання сонячної енергії

скорочує витрати пального. На рис. 2.5 наведено фото робота, який прийнято для проектованої технології.



Рис. 2.5. Робот FarmDroid FD20 для механічного післясходового прополювання буряків

Таблиця 2.5 – Параметри використання роботів у технології

Показник	Значення	Пояснення
Кількість роботів у проекті	4 одиниці	для площі 100 га один робот є недостатнім за строками
Добова продуктивність одного робота	до 6 га/добу	офіційна заявлена продуктивність виробника [2]
Орієнтовна продуктивність групи	до 24 га/добу	дає змогу виконати повний прохід за 4–5 діб
Тип прополювання	міжрядне та внутрішньорядне	робота за RTK-координатами висіяних рослин
Основний ефект	зменшення ручної праці та гербіцидного навантаження	особливо важливо для овочевої продукції

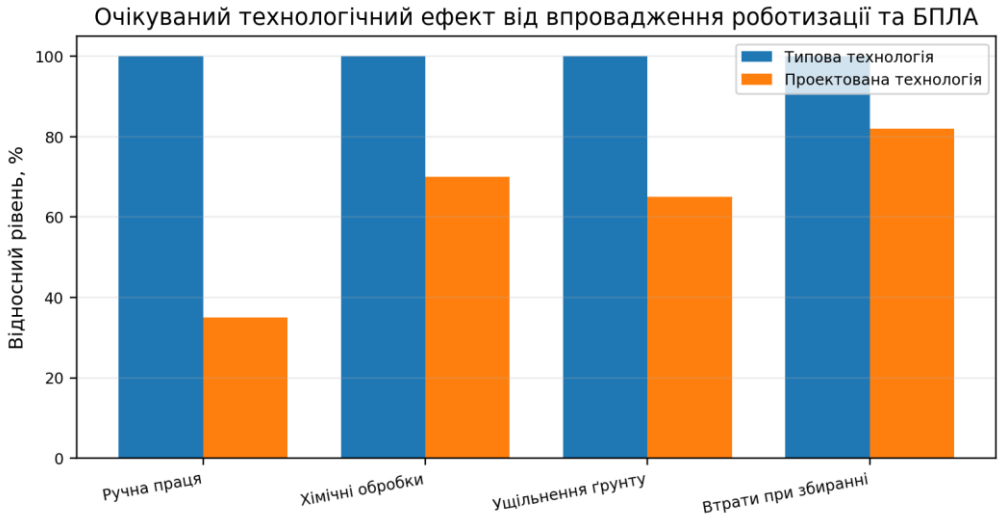


Рис. 2.6. Очікуваний технологічний ефект від застосування роботів і БПЛА.

2.7. Графік завантаження техніки

Графік завантаження техніки показує, що найбільш напруженими періодами є квітень, травень-червень та вересень-жовтень. У квітні одночасно виконуються передпосівна підготовка, точний висів і коткування; у травні-червні зосереджені моніторинг, роботизоване прополювання, захист рослин і міжрядний догляд; восени основне навантаження припадає на очищення головок, збирання та транспортування врожаю.

Для недопущення простоїв збиральної машини потрібно заздалегідь сформувати транспортну ланку, організувати місця тимчасового складування, забезпечити очищення коренеплодів від надлишку гички та ґрунту. Розроблений очисник головок буряків вводиться саме перед збиранням, оскільки він зменшує засміченість вороху і полегшує роботу підкопувально-сепаруючих вузлів.

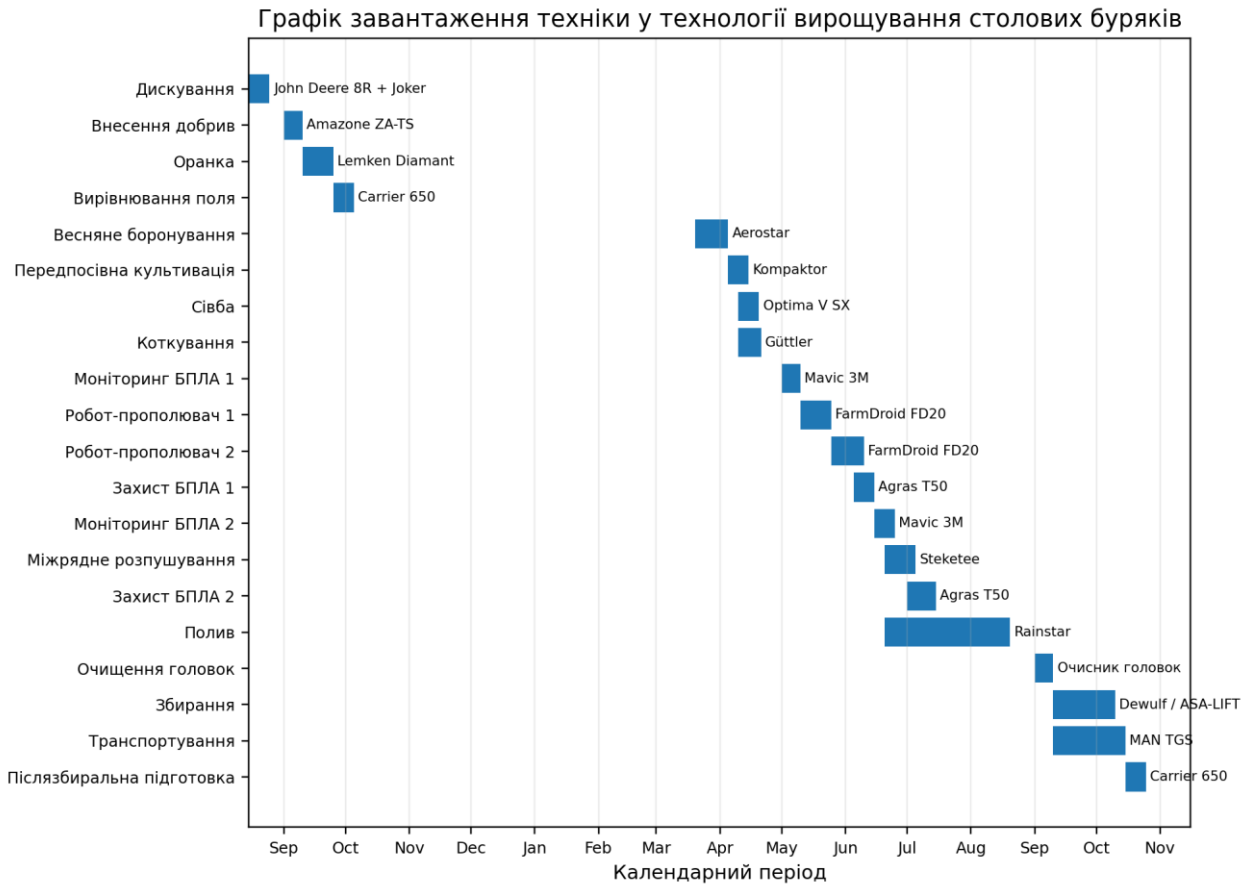


Рис. 2.7. Календарний графік завантаження техніки

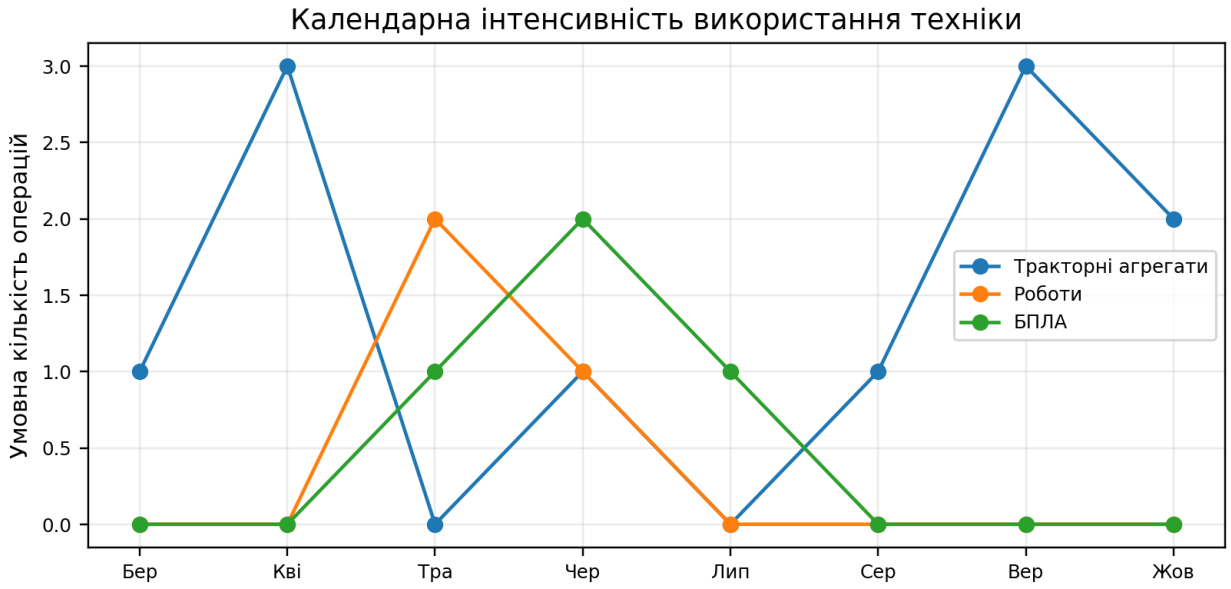


Рис. 2.8. Календарна інтенсивність використання тракторів, роботів і БПЛА

Таблиця 2.6 – Узагальнений календар завантаження техніки

Період	Основні машини	Характер навантаження
Серпень–жовтень попереднього року	John Deere 8R, Lemken Diamant, HORSCH Joker, Carrier	основний обробіток, формування структури ґрунту
Березень–квітень	John Deere 6R, Fendt 724, Kverneland Optima V SX	весняне закриття вологи, передпосівна підготовка, сівба
Травень–червень	FarmDroid FD20, DJI Mavic 3M, DJI AGRAS T50	догляд за посівами, моніторинг, роботизоване прополювання
Липень–серпень	Bauer Rainstar, DJI AGRAS T50, Mavic 3M	полив, контроль стресу, локальний захист рослин
Вересень–жовтень	розроблений очисник, Dewulf GK II SE, MAN TGS	очищення головок, збирання, транспортування

2.8. Місце розробленого очисника головок буряків у технології

Розроблений очисник головок буряків у проектованій технології виконує передзбиральну операцію після завершення формування коренеплодів. Його завдання полягає у видаленні залишків гички з головок, частковому подрібненні рослинних решток і підготовці рядків до роботи

збиральної машини. На відміну від грубого зрізання, еластичні робочі органи повинні діяти м’якше, зменшуючи травмування коренеплодів і втрати продукції, що особливо важливо для столового призначення.

Включення очисника в технологічну карту дає змогу узгодити конструктивну розробку з виробничим процесом. Машина не розглядається як окремий ізольований пристрій, а є елементом комплексу машин: після проходу очисника збиральний агрегат отримує більш підготовлену масу, у якій менше довгої гички і рослинних домішок. Це підвищує якість сепарації, зменшує навантаження на транспортери та покращує умови зберігання коренеплодів.

Таблиця 2.7 – Технологічне значення розробленого очисника головок

Параметр	Проектне рішення	Очікуваний результат
Агрегатування	начіпний/напівначіпний очисник із трактором малої або середньої потужності	менші витрати пального порівняно з важким агрегатом
Робочі органи	еластичні елементи для оббивання залишків гички	менше травмування головок коренеплодів
Місце у технології	1–10 вересня, перед підкопуванням	підготовка рядків до роботи збиральної машини
Вплив на якість	зменшення домішок гички у вороху	поліпшення сепарації та умов зберігання

Висновки по розділу

Для проектної площі 100 га обґрунтовано інтенсивну технологію вирощування столових буряків з очікуваною врожайністю 45 т/га та розрахунковим валовим збором 4500 т.

Сформовано комплекс сучасних машин, що включає енергонасичені трактори, точну сівалку Kverneland Optima V SX, БПЛА DJI Mavic 3M і DJI AGRAS T50, роботизовані прополювачі FarmDroid FD20, збиральну техніку Dewulf/ASA-LIFT та розроблений очисник головок.

Складена технологічна карта показала, що найбільш трудомісткими операціями є оранка, роботизоване прополювання, полив, передзбиральне очищення, збирання та транспортування врожаю.

Використання роботів у післясходовій боротьбі з бур’янами дозволяє істотно зменшити ручну працю, знизити гербіцидне навантаження та уникнути зайвого ущільнення ґрунту важкими тракторами.

Застосування БПЛА забезпечує оперативний моніторинг стану посівів, формування карт-завдань і точніше виконання захисних операцій без створення додаткових колій на полі.

Розроблений очисник головок буряків органічно входить у технологічну схему як передзбиральна машина, що підвищує якість вороху і зменшує втрати при збиранні.

РОЗДІЛ 3
КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Аналіз технічних способів видалення гички та очищення головок столових буряків

Технологічний процес збирання столових коренеплодів істотно залежить від якості попереднього видалення гички. Навіть незначні залишки листкової маси на головках буряків ускладнюють роботу викопувальних і сепарувальних органів, підвищують засміченість вороху та погіршують умови подальшого зберігання продукції. Тому операція очищення головок має виконуватися так, щоб забезпечити повне відділення рослинних залишків без надмірного травмування коренеплодів.

У практиці механізованого збирання сформувалися два базові підходи до видалення гички. Перший передбачає викопування коренеплодів із подальшим зрізанням або оббиванням гички вже в робочій машині. Другий ґрунтується на обробленні рослин безпосередньо на корені, тобто до моменту викопування. Перший варіант має обмежене застосування, оскільки потребує складних механізмів захоплення, вирівнювання й орієнтування коренеплодів. Крім того, під час роботи таких машин зростає ймовірність механічних пошкоджень, а продуктивність агрегату залишається порівняно невисокою.

Більш технологічно доцільним для умов господарств, які вирощують столові буряки та інші коренеплоди, є очищення головок невикопаних рослин. У цьому випадку коренеплід утримується ґрунтом, а робочий орган взаємодіє переважно з гичкою та верхньою частиною головки. Завдяки цьому зменшується кількість додаткових операцій, спрощується конструкція збирального комплексу і створюються сприятливі умови для наступного викопування. Найпоширенішою схемою є двофазне видалення гички: спочатку основна листкова маса зрізується або подрібнюється гичкозрізувальною машиною, а потім залишки, що залишилися на головках, видаляються очисником. До машин такого призначення належать пристрої з

ножовими, бичовими, щітковими або комбінованими робочими органами. Однак використання кількох проходів агрегатів має низку суттєвих недоліків:

– збільшується кількість проходів техніки по полю, що призводить до додаткового ущільнення ґрунту;

– зростають втрати через вибивання або зміщення коренеплодів із рядка;

– підвищується частка травмованої продукції, а це скорочує тривалість її зберігання;

– погіршується оперативність збирання, особливо за нестійких погодних умов;

– збільшуються витрати пального, праці та коштів на виконання операцій.

З урахуванням цих обставин доцільно застосовувати очисник, який може працювати окремим агрегатом або в складі збирального комплексу. Його призначення полягає у делікатному, але достатньо інтенсивному оббиванні залишків гички з головок буряків за допомогою еластичних робочих елементів. Така схема дає змогу поєднати простоту конструкції з необхідною якістю очищення.

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика способів видалення гички

Спосіб	Сутність процесу	Переваги	Недоліки
Очищення після викопування	Коренеплід спочатку виймається з ґрунту, після чого гичка видаляється в машині.	Можливість оброблення продукції в одному технологічному каналі.	Складність орієнтування коренеплодів, невисока продуктивність, підвищене травмування.
Зрізування на корені	Основна маса гички зрізується перед викопуванням коренеплодів.	Проста технологічна схема, висока продуктивність.	Потребує доочищення головок, можливі залишки черешків.
Очищення еластичними билами	Залишки гички оббиваються з головок невикопаних коренеплодів.	Менше пошкоджень, можливість подрібнення та розкидання гички по полю.	Необхідне правильне узгодження швидкості руху і частоти обертання валів.

3.2. Конструктивно-технологічне обґрунтування запропонованого очисника головок буряків

Запропонований очисник головок буряків належить до машин роторного типу з еластичними робочими органами. Основним конструктивним елементом є пара горизонтально розміщених валів, на яких шарнірно закріплюються гумові шнури або били. Під час руху агрегату вали обертаються назустріч один одному, а кінці еластичних елементів багаторазово взаємодіють із залишками гички на головках коренеплодів.

Застосування саме еластичних робочих органів є важливим конструктивним рішенням. На відміну від жорстких ножових елементів, гумові били не зрізують значну частину головки коренеплоду, а переважно відокремлюють листкові залишки ударно-гнучкою дією. Унаслідок цього зменшується кількість пошкоджених буряків, що особливо важливо для продукції, яка закладається на тривале зберігання.

Машина може виконувати очищення автономно, без встановлення додаткового приймального або транспортувального органу для гички. Відокремлена рослинна маса частково подрібнюється билами та рівномірно розкидається за очисником. Через 2–4 доби вона підсихає, а пошкоджені поверхні головок коренеплодів підсихають і вкриваються захисною кіркою. Це полегшує роботу коренезбиральних машин, знижує засміченість вороху і позитивно впливає на збереженість продукції.

Для умов проєктного комплексу машин доцільно передбачити трирядний очисник, який агрегатується з самохідним шасі або трактором тягового класу 1,4. Така компонувальна схема забезпечує достатню маневреність на загінках, зручність роботи на поворотних смугах та можливість використання машини в технології вирощування столових коренеплодів на площах різного розміру.

У процесі роботи агрегат рухається вздовж рядків. Еластичні робочі органи, що обертаються, входять у зону розміщення верхньої частини рослин, оббивають залишки гички, подрібнюють її та відкидають назад.

Після виконання цієї операції поле готують до викопування: прибирають коренеплоди з поворотних смуг, формують загінки та проходи, а потім виконують основне збирання.

Схематично взаємодію двох зустрічно обертових валів із головками буряків наведено на рисунку 3.1.

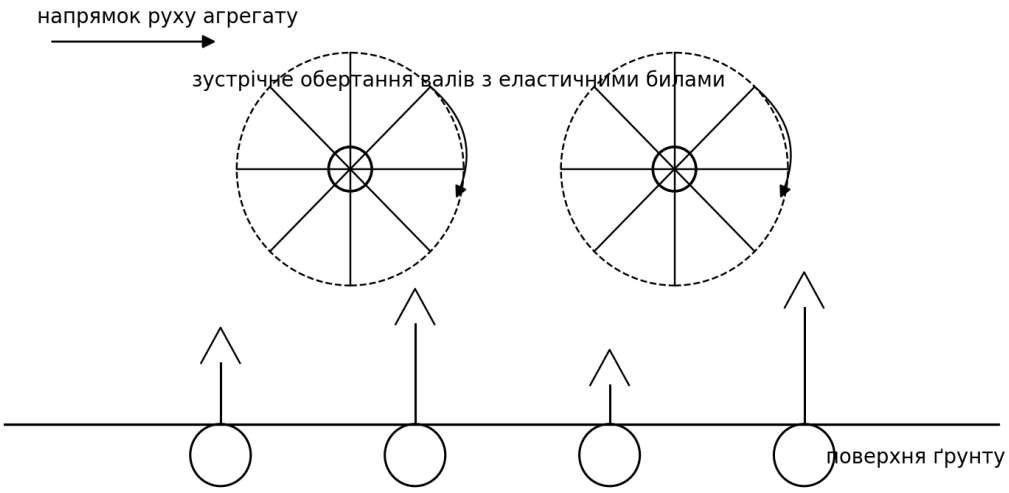


Рис. 3.1. Схема роботи очисника головок буряків з еластичними билами.

Перевагою запропонованої конструкції є те, що інтенсивність очищення можна регулювати не лише довжиною та кількістю бил, а й співвідношенням поступальної швидкості агрегату та частоти обертання валів. Це дає можливість адаптувати машину до різних умов: висоти головок, густоти стояння рослин, вологості ґрунту, ступеня розвитку гички та вимог до якості товарної продукції.

3.3. Визначення основних параметрів і режимів роботи очисника

Ефективність роботи очисника оцінюється повнотою видалення залишків гички та рівнем пошкодження коренеплодів. Для технологічної оцінки можна використовувати показник E, який характеризує співвідношення маси відокремленої гички $M_{від}$ до маси залишків $M_{зал}$ після проходу машини:

$$E = (M_{від} / M_{зал}) \cdot 100\ \%, \qquad (3.1)$$

де $M_{від}$ – маса гички, відділеної робочими органами, кг; $M_{зал}$ – маса гички, що залишилася на головках після проходу очисника, кг.

Якість очищення залежить від кількості контактів еластичного била з головкою коренеплоду та від енергії удару. Якщо поступальна швидкість агрегату збільшується, то для збереження необхідної повноти очищення потрібно відповідно підвищувати частоту обертання валів або збільшувати кількість робочих органів. Водночас надмірна кількість ударів небажана, оскільки вона може спричинити травмування товарної частини коренеплоду.

Основними конструктивними та кінематичними параметрами очисника є: діаметр ротора D_p, радіус траєкторії кінця била R, відстань між валами Lв, вільна довжина еластичного робочого органу l, кількість бил z на секції, кутова швидкість валів ω та поступальна швидкість агрегату $V_м$.

Під час роботи кінець била одночасно бере участь у двох рухах: обертальному відносно осі вала та поступальному разом із машиною. Тому його траєкторія не є колом, а являє собою складну циклоїдну криву. Для прийнятої системи координат рух кінця робочого органу можна описати рівняннями:

$$x = V_м \cdot t + R \cdot \cos(\omega t); \quad (3.2)$$

$$y = R + h - R \cdot \sin(\omega t), \quad (3.3)$$

де R – радіус обертання кінця еластичного била, м; h – мінімальна висота розміщення головки коренеплоду над поверхнею ґрунту, м; t – час, с; ω – кутова швидкість обертання ротора, рад/с.

Важливою характеристикою взаємодії робочих органів з рослинами є показник кінематичного режиму λ. Він показує, у скільки разів колова швидкість кінця била перевищує поступальну швидкість руху машини:

$$\lambda = (R \cdot \omega) / V_м = (\pi \cdot R \cdot n) / (30 \cdot V_м), \quad (3.4)$$

де n – частота обертання вала, хв$^{-1}$. Чим більше значення λ, тим більша кількість ударів припадає на одиницю довжини рядка. Оптимальний режим повинен забезпечити достатнє очищення за мінімального пошкодження коренеплодів.

Радіус ротора визначається конструктивними параметрами вала, способом кріплення робочих органів і необхідною зоною їх дії. Розрахунково його можна подати у вигляді:

$$R = d_в / 2 + k + l, \quad (3.5)$$

де $d_в$ – діаметр вала, мм; k – конструктивний зазор між поверхнею вала та віссю шарнірного кріплення била, мм; l – вільна довжина еластичного робочого органу, мм.

З урахуванням агротехнічних вимог висота розміщення головок кондиційних коренеплодів змінюється в досить широкому діапазоні. Для розрахунку приймаємо мінімальну висоту h = 50 мм і максимальну hmax = 220 мм. Різниця висот становить:

$$\Delta h = h_{max} – h = 220 – 50 = 170 \text{ мм}. \quad (3.6)$$

Щоб робочий орган надійно обробляв як низько, так і високо розміщені головки, його вільну довжину приймають у межах:

$$l = (1,5…2,0) \cdot \Delta h. \quad (3.7)$$

За діаметра вала dв = 108 мм і зазору k = 40…45 мм розрахунковий радіус ротора становитиме:

$$R = 108/2 + 40 + (1,5…2,0) \cdot 170 = 350…440 \text{ мм}. \quad (3.8)$$

Для подальшого компонування приймаємо R = 405 мм. З урахуванням подовження гумових елементів під дією відцентрових сил діаметр ротора приймається $D_р$ = 810 мм. Основні параметри, що визначають зону дії еластичних бил, показано на рисунку 3.2.

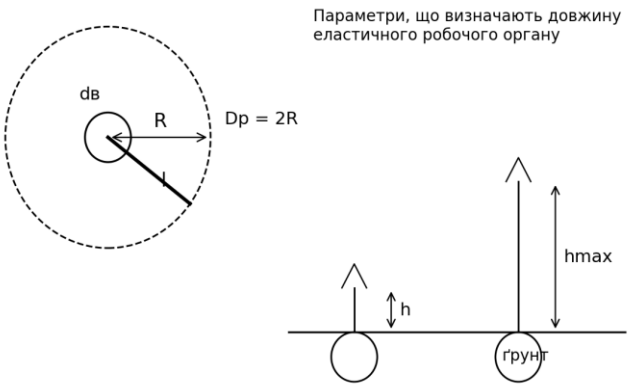


Рис. 3.2. Основні геометричні параметри ротора очисника.

За прийнятого радіуса R = 0,405 м і частоти обертання n = 690 хв$^{-1}$ визначимо показник кінематичного режиму для різних поступальних швидкостей. Якщо $V_м$ = 1,0 м/с, то:

$$\lambda = (3{,}14 \cdot 0{,}405 \cdot 690) / (30 \cdot 1{,}0) = 29{,}2. \quad (3.9)$$

У цьому режимі шлях, який проходить машина за один оберт ротора, дорівнює:

$$L = (2\pi R) / \lambda = (2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}405) / 29{,}2 = 0{,}087 \text{ м} = 87 \text{ мм}. \quad (3.10)$$

Таке значення свідчить про надмірно інтенсивну дію робочих органів. Коренеплоди, головки яких виступають високо над поверхнею ґрунту, можуть отримувати до 15–20 ударів за час проходу машини. Це забезпечує повне очищення, але підвищує ризик пошкодження головок. Оскільки частка дуже низько розміщених коренеплодів зазвичай не перевищує 8–10 %, доцільно працювати на вищій поступальній швидкості.

За швидкості $V_м$ = 2,0 м/с одержуємо:

$$\lambda = (3{,}14 \cdot 0{,}405 \cdot 690) / (30 \cdot 2{,}0) \approx 14{,}6. \quad (3.11)$$

За швидкості $V_м$ = 1,5 м/с показник кінематичного режиму становитиме:

$$\lambda = (3{,}14 \cdot 0{,}405 \cdot 690) / (30 \cdot 1{,}5) \approx 19{,}5. \quad (3.12)$$

Отже, для запропонованого очисника раціональним є діапазон поступальної швидкості 1,5…2,0 м/с, якому відповідає λ ≈ 14…20. За таких умов забезпечується достатня кількість ударів для відділення залишків гички, але не створюється надмірне навантаження на головки буряків.

Таблиця 3.2 – Прийняті основні параметри очисника головок буряків

Параметр	Позначення	Одиниця	Прийняте значення
Діаметр ротора	$D_р$	мм	810
Радіус траєкторії кінця била	R	мм	405
Вільна довжина еластичного била	l	мм	300
Частота обертання валів	n	хв$^{-1}$	690
Поступальна швидкість агрегату	$V_м$	м/с	1,5…2,0
Показник кінематичного режиму	λ	–	14…20

3.4. Розрахунок клинопасового приводу валів очисника

Привід робочих валів очисника передбачається від валу відбору потужності енергетичного засобу через клинопасову передачу. Такий тип передачі є доцільним для даної машини, оскільки він має просту конструкцію, допускає певне демпфування ударних навантажень і забезпечує захист механізмів у разі короткочасного перевантаження.

Вихідні дані для розрахунку приймаємо такими: потужність на привід валів $N = 11$ кВт; частота обертання ведучого вала $n_1 = 548$ хв$^{-1}$; необхідна частота обертання робочого вала $n_2 = 690$ хв$^{-1}$; орієнтовне передаточне число $i = 1{,}26$.

Крутний момент на ведучому валу визначається за залежністю:

$$T_1 = 9550 \cdot N / n_1. \quad (3.13)$$

Після підстановки числових значень маємо:

$$T_1 = 9550 \cdot 11 / 548 = 191{,}8 \text{ Н·м}. \quad (3.14)$$

Крутний момент на веденому валу:

$$T_2 = 9550 \cdot N / n_2 = 9550 \cdot 11 / 690 = 152{,}2 \text{ Н·м}. \quad (3.15)$$

Для передачі потужності приймаємо клинові паси перерізу В. Основні розміри паса: розрахункова ширина $b_p = 19{,}0$ мм, висота $h = 13{,}5$ мм, ширина по більшій основі $b_0 = 22$ мм, площа перерізу $F = 2{,}3$ см². Через необхідність розміщення запобіжної обгінної муфти конструктивно приймаємо діаметр більшого шківа $d_{p1} = 315$ мм.

Діаметр меншого шківа визначається з урахуванням передаточного числа та коефіцієнта ковзання паса $\varepsilon = 0{,}02$:

$$d_{p2} = d_{p1} / [i \cdot (1 - \varepsilon)]. \quad (3.16)$$

$$d_{p2} = 315 / [1{,}26 \cdot (1 - 0{,}02)] = 255{,}1 \text{ мм}. \quad (3.17)$$

За стандартним рядом приймаємо dp2 = 250 мм. Фактичне передаточне число з урахуванням ковзання становить:

$$i_ф = (d_{p1} / d_{p2}) \cdot (1 - \varepsilon) = (315 / 250) \cdot 0{,}98 = 1{,}24. \quad (3.18)$$

Швидкість паса визначається за формулою:

$$V = (\pi \cdot d_{p1} \cdot n_1) / (60 \cdot 1000). \quad (3.19)$$

$$V = (3{,}14 \cdot 315 \cdot 548) / (60 \cdot 1000) = 9{,}04 \text{ м/с}. \quad (3.20)$$

Попередньо розрахована міжосьова відстань може бути прийнята за рекомендацією a = 0,95dp1, тобто близько 299 мм. Проте конструкція очисника має забезпечити розміщення валів із робочими органами діаметром обертання 810 мм, тому конструктивно приймаємо міжосьову відстань a = 660 мм.

Розрахункова довжина паса визначається за залежністю:

$$L = 2a + (\pi/2)(d_{p1} + d_{p2}) + (d_{p1} - d_{p2})^2 / (4a). \quad (3.21)$$

$$L = 2 \cdot 660 + (3{,}14/2)(315 + 250) + (315 - 250)^2 / (4 \cdot 660) = 2209 \text{ мм}. \quad (3.22)$$

За стандартним рядом приймаємо довжину паса L = 2240 мм. Після уточнення дійсна міжосьова відстань становить a ≈ 675 мм. Для монтажу та регулювання натягу необхідно передбачити зміну міжосьової відстані в таких межах:

$$a_{min} = a - 0{,}01L = 675 - 0{,}01 \cdot 2240 = 653 \text{ мм}; \quad (3.23)$$

$$a_{max} = a + 0{,}025L = 675 + 0{,}025 \cdot 2240 = 731 \text{ мм}. \quad (3.24)$$

Кут обхвату меншого шківа дорівнює:

$$\alpha_2 = 180° - 60° \cdot (d_{p1} - d_{p2}) / a. \quad (3.25)$$

$$\alpha_2 = 180° - 60° \cdot (315 - 250) / 675 = 174{,}2°. \quad (3.26)$$

Отриманий кут обхвату перевищує мінімально допустиме значення 110°, тому умови роботи клинопасової передачі є задовільними. Вихідну потужність одного паса за діаметра шківа 250 мм і швидкості 9,04 м/с приймаємо N0 = 6,63 кВт. З урахуванням коефіцієнта кута обхвату Cα = 0,98, коефіцієнта довжини CL = 0,89, поправки до потужності ΔN = 0,4 кВт і коефіцієнта режиму Cp = 0,92 допустима потужність одного паса становить:

$$[N] = (N_0 \cdot C_\alpha \cdot CL + \Delta N) \cdot C_p. \quad (3.27)$$

$$[N] = (6{,}63 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}89 + 0{,}4) \cdot 0{,}92 = 5{,}68 \text{ кВт}. \quad (3.28)$$

Розрахункова кількість пасів:

$$z = N / [N] = 11 / 5{,}68 = 1{,}94. \quad (3.29)$$

З урахуванням нерівномірності навантаження та необхідного запасу надійності приймаємо три клинові паси перерізу B довжиною 2240 мм. Така

кількість пасів забезпечує стабільну передачу потужності на передній і задній вали очисника.

Сила початкового натягу одного паса для прийнятих умов роботи становить орієнтовно $S_0 = 724$ Н. Сумарне навантаження, яке передається на вали від пасової передачі, приймаємо $Q \approx 5{,}3$ кН. Ці значення необхідно враховувати під час вибору підшипникових вузлів, розрахунку кріплень і перевірки міцності елементів рами.

Зовнішні діаметри шківів визначаються з урахуванням висоти розміщення паса в канавці:

$$d_{l1} = d_{p1} + 2b = 315 + 2 \cdot 3{,}3 = 321{,}6 \text{ мм}; \quad (3.30)$$

$$d_{l2} = dp2 + 2b = 250 + 2 \cdot 3{,}3 = 256{,}6 \text{ мм}. \quad (3.31)$$

Ширина ободу шківа при трьох пасах становить:

$$M = (z - 1) \cdot l + 2f = (3 - 1) \cdot 25{,}5 + 2 \cdot 17 = 85 \text{ мм}. \quad (3.32)$$

Результати розрахунку приводу зведено до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Основні параметри клинопасового приводу очисника

Показник	Позначення	Одиниця	Значення
Потужність приводу	N	кВт	11
Частота ведучого вала	n_1	хв$^{-1}$	548
Частота веденого вала	n2	хв$^{-1}$	690
Діаметр більшого шківа	d_{p1}	мм	315
Діаметр меншого шківа	d_{p2}	мм	250
Фактичне передаточне число	$i_ф$	–	1,24
Швидкість паса	V	м/с	9,04
Стандартна довжина паса	L	мм	2240
Кількість пасів	z	шт.	3
Ширина ободу шківа	M	мм	85

Висновки до конструктивного розділу

У конструктивному розділі обґрунтовано доцільність застосування роторного очисника головок буряків з еластичними робочими органами. Запропонована схема дозволяє виконувати якісне відділення залишків гички

на корені, зменшує кількість додаткових проходів техніки по полю та сприяє зниженню травмування столових коренеплодів.

За результатами розрахунків прийнято основні параметри очисника: діаметр ротора 810 мм, вільна довжина еластичного робочого органу 300 мм, частота обертання валів 690 хв$^{-1}$, робоча швидкість агрегату 1,5…2,0 м/с. У цьому діапазоні показник кінематичного режиму становить близько 14…20, що відповідає раціональним умовам очищення головок буряків без надмірного пошкодження продукції.

Розрахунок приводу показав, що для передавання потужності 11 кВт до робочих валів доцільно застосувати клинопасову передачу з трьома пасами перерізу В довжиною 2240 мм. Прийняті діаметри шківів становлять 315 і 250 мм, фактичне передаточне число – 1,24, ширина ободу шківів – 85 мм. Запропоновані параметри забезпечують працездатність очисника та можуть бути використані для подальшого розроблення робочих креслень і техніко-економічного обґрунтування проєктного рішення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення ефективності механізованої технології вирощування та збирання столових буряків. Актуальність роботи зумовлена тим, що столові коренеплоди, зокрема столові буряки, є важливою овочевою культурою, яка має стабільний попит на продовольчому ринку, проте її виробництво потребує раціонального використання техніки, зниження трудомісткості та підвищення якості виконання технологічних операцій.

У першому розділі було проаналізовано сучасний стан вирощування столових коренеплодів в Україні та світі. Встановлено, що ефективність виробництва столових буряків значною мірою залежить від рівня механізації, застосування високопродуктивних машин, дотримання агротехнічних строків та впровадження ресурсозберігаючих технологій. Аналіз посівних площ, валового збору та врожайності свідчить, що подальший розвиток галузі має бути спрямований не лише на збільшення обсягів виробництва, а й на підвищення якості продукції, зменшення втрат під час збирання та покращення умов зберігання коренеплодів.

У другому розділі було спроєктовано технологію вирощування столових буряків із використанням сучасного комплексу машин. Складено технологічну карту, в якій передбачено виконання основних операцій: основного та передпосівного обробітку ґрунту, внесення добрив, сівби, догляду за посівами, захисту рослин, моніторингу поля, збирання, транспортування та післязбиральної доробки продукції. Для виконання технологічних операцій підібрано сучасні трактори, ґрунтообробні агрегати, сівалки точного висіву, обприскувачі, збиральну техніку, транспортні засоби, роботизовані системи та безпілотні літальні апарати.

Особливу увагу в роботі приділено впровадженню елементів точного землеробства. Для моніторингу стану посівів і виявлення проблемних ділянок запропоновано використовувати БПЛА, що дає змогу оперативно

оцінювати густоту стояння рослин, розвиток культури, забур’яненість, прояви хвороб і шкідників. Для післясходової боротьби з бур’янами передбачено використання польового робота, що дозволяє зменшити потребу в ручній праці, скоротити використання гербіцидів і підвищити точність догляду за посівами. Складений графік завантаження техніки показує можливість раціональної організації машинно-тракторного парку протягом усього вегетаційного періоду.

У конструктивній частині роботи запропоновано очисник головок буряків, призначений для видалення залишків гички з коренеплодів перед збиранням. Обґрунтовано необхідність застосування такого пристрою, оскільки якість очищення головок буряків безпосередньо впливає на товарний вигляд продукції, зручність подальшого збирання, транспортування, сортування та зберігання. Запропонована конструкція очисника дає змогу забезпечити ефективну дію робочих органів на залишки гички без надмірного пошкодження коренеплодів. Це є важливим, оскільки травмовані буряки гірше зберігаються, швидше втрачають товарну якість і можуть стати джерелом розвитку гнилей у сховищах.

У роботі визначено основні параметри та режими роботи очисника головок буряків. Обґрунтовано конструктивну схему машини, підібрано робочі органи, розглянуто особливості їх взаємодії з головками коренеплодів та виконано розрахунки приводу. Запропоноване технічне рішення спрямоване на покращення якості очищення, зменшення втрат урожаю та підвищення ефективності роботи збирального комплексу.

Отже, у результаті виконання кваліфікаційної роботи було обґрунтовано доцільність удосконалення комплексу машин для вирощування столових буряків шляхом поєднання сучасної високопродуктивної техніки, роботизованих засобів догляду, БПЛА для моніторингу та спеціалізованого очисника головок буряків. Запропонована технологія забезпечує підвищення рівня механізації виробництва, скорочення трудових і експлуатаційних витрат, покращення якості виконання польових операцій та зменшення втрат

продукції під час збирання. Практичне впровадження розроблених рішень може бути використане в господарствах, що спеціалізуються на вирощуванні столових коренеплодів, і сприятиме підвищенню ефективності овочівництва в сучасних умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Державна служба статистики України. Сільське господарство України : статистичний збірник. Київ : Держстат України, 2024.

2. Державна служба статистики України. Рослинництво України : статистичний збірник. Київ : Держстат України, 2024.

3. Державна служба статистики України. Виробництво сільськогосподарських культур за їх видами. URL: https://stat.gov.ua (дата звернення: 4.06.2026).

4. Державна служба статистики України. Посівні площі сільськогосподарських культур за їх видами. URL: https://stat.gov.ua (дата звернення: 4.06.2026).

5. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Рослинництво та овочівництво в Україні. URL: https://minagro.gov.ua (дата звернення: 4.06.2026).

6. Shevchenko, I., Golub, G., Tsyvenkova, N., Shevchenko, I., Titova, L., Omarov, I., Sukmaniuk, O., Kulykivskyi, V., Borovskyi, V., & Zayets, M. Substantiating the structural and technological parameters of tillage rotary X-like working bodies. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024. Vol. 4, No. 1 (130). P. 45–53.

7. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і Західного регіону України / за ред. М. В. Зубця. Київ : Урожай, 2004. 560 с.

8. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України / за ред. М. В. Зубця. Київ : Логос, 2010. 980 с.

9. Борак К.В., Савченко В.М., Корнійчук Ю.М. Робототехнічні засоби в рослинництві. Збірник тез доповідей XXVI Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–18 жовтня 2025 року). Київ. НУБІП України. С. 589-601.

10. Заєць М. Л. Переваги технології вертикального обробітку ґрунту/ М. Л. Заєць, К. В. Гусаров // Наукові читання–2021: матеріали науково-

практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 20 травня 2021 р. Житомир: Поліський національний університет, 2021. С. 52-55.

11. Лихацький В. І., Бургарт Ю. Є., Васянович В. Д. Овочівництво: практикум. Київ : Вища школа, 1995. 304 с.

12. Овочівництво : навчальний посібник / за ред. В. І. Лихацького. Київ : Урожай, 1996. 304 с.

13. Довідник з овочівництва / за ред. Г. І. Ярового. Харків : ХНАУ, 2010. 328 с.

14. Інститут овочівництва і баштанництва НААН України. Наукове забезпечення розвитку овочівництва. URL: https://ovoch.com (дата звернення: 4.06.2026).

15. Технологія вирощування буряка столового. SuperAgronom.com. URL: https://superagronom.com (дата звернення: 4.06.2026).

16. Буряк столовий: особливості вирощування та догляду. AgroTimes. URL: https://agrotimes.ua (дата звернення: 4.06.2026).

17. Робот FarmDroid FD20 для сівби та механічної боротьби з бур’янами. Aggeek. URL: https://aggeek.net (дата звернення: 4.06.2026).

18. Робот на сонячних батареях для знищення бур’янів FarmDroid FD20. Traktorist.ua. URL: https://traktorist.ua (дата звернення: 4.06.2026).

19. Сівалки точного висіву Kverneland в Україні. Компанія «Альбіон». URL: https://albion.biz.ua (дата звернення: 4.06.2026).

20. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.

21. Сівалка точного висіву Kverneland Optima TFprofi. Технторг. URL: https://technotorg.com (дата звернення: 24.06.2026).

22. Dewulf представив новий морквозбиральний комбайн. AgroTimes. URL: https://agrotimes.ua (дата звернення: 4.06.2026).

23. Безпілотні технології в аграрному виробництві: моніторинг посівів і точне землеробство. Kurkul.com. URL: https://kurkul.com (дата звернення: 4.06.2026).

24. Точне землеробство в Україні: сучасні технології, БПЛА та цифровий моніторинг полів. Latifundist.com. URL: https://latifundist.com (дата звернення: 4.06.2026).